

## NASKAH PUBLIKASI KARYA ILMIAH

### STUDI *WINGLET* NACA 2409 MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)*



]

Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun oleh:  
Alif Komarudin  
NIM : D200110134

Pembimbing:  
Ir. Sarjito, M.T, Ph.D

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2015

## HALAMAN PERSETUJUAN

### NASKAH PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Naskah publikasi karya ilmiah yang Berjudul "**STUDI WINGLET NACA 2409 MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)**", "telah disetujui oleh pembimbing untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana (Strata 1) Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Alif Komarudin

NIM : D200110134

Disetujui pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 31. Oktober 2015

Pembimbing Utama

( Ir. Sanjito, M.T, Ph.D )

Pembimbing Pendamping

( Ir. Sunardi Wiyono, MT )

Ketua Jurusan Teknik Mesin

( Tri Widodo Besar R. ST. MSc. PhD )

## **STUDI WINGLET NACA 2409 MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)**

**Alif Komarudin, Sarjito, Sunardi Wiyono**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email : [alifkomarudin@gmail.com](mailto:alifkomarudin@gmail.com)

### **ABSTRAKSI**

*Di masa lalu penelitian untuk mengetahui performa suatu benda aerodinamika harus melalui simulasi wind tunnel. Dalam hal ini pengujian menggunakan wind tunnel dari segi akurasi, seksi uji, dan biaya kurang efektif. Oleh sebab itu pada perkembangan teknologi guna memperoleh efektifitas dan akurasi hasil, seksi uji, serta biaya dikembangkan software pengganti simulasi wind tunnel, Software itu antara lain Ansys, SolidWork, dsb. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui optimal winglet, hubungan antara ketinggian penerbangan terhadap performa coefisient lift ( $C_L$ ) dan coefisient drag ( $C_D$ ), distribusi tekanan sertakecepatan pada winglet.*

*Dalam studi penelitian ini dijelaskan hubungan kinerja winglet NACA 2409 pada ketinggian penerbangan 2 km, 4 km, 6 km, 8 km, 10 km, 12 km, 14 km, 16 km, 18 km, 20 km, 24 km, 28 km, 30 km, 32 km terutama hubungan  $C_L$  dan  $C_D$  secara komputasi. Percobaan diawali dengan pembuatan model winglet menggunakan SolidWorks, setelah itu meshing dan proses perhitungan yang dilakukan software Ansys-CFD. Analisa meliputi distribusi tekanan dan kecepatan.*

*Hasil penelitian menunjukan bahwa kenaikan ketinggian penerbangan diikuti perubahan beberapa hal. Hal tersebut adalah tekanan, suhu, densitas, serta gaya angkat dan gaya hambat. hasil yang diperoleh yang tertinggi pada ketinggian 20 km dengan presurre 5529 Pa, densitas  $0,0889 \text{ kg.m}^{-3}$ , suhu 216,6 K mendapatkan koefisien lift ( $C_L$ ) sebesar 0,921626346 serta koefisien Drag ( $C_D$ ) sebesar 0,053 . Hasil terendah pada ketinggian 32 km dengan pressure 889 Pa, densitas  $0,0889 \text{ kg.m}^{-3}$ , suhu 228,5 K mendapatkan koefisien lift ( $C_L$ ) sebesar 0,5266 serta koefisien Drag ( $C_D$ ) sebesar 0,0385.*

**Kata kunci : winglet, NACA, Ketinggian,  $C_L$ ,  $C_D$**

## PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dalam kedirgantaraan banyak kasus yang menyebabkan pesawat terbang tidak efisien dalam hal konsumsi bahan bakar antara lain kasus terjadinya *vortex drag* yang mengakibatkan naiknya *coefisient drag* dan turunnya *coefisient lift* yang menyebabkan penggunaan bahan bakar cenderung tinggi untuk menerbangkan pesawat. Dalam hal ini sangat dibutuhkan winglet guna mengatasi *vortex drag* yang kurang menguntungkan dalam utamanya penerbangan dalam segi efisiensi gaya maupun konsumsi bahan bakar. Dalam penelitian yang dilakukan Nurulain Yahaya dan Jamaluddin Md Sheriff, 2012 ini mendapatkan kesimpulan bahwa winglet dapat mengurangi pemakaian bahan bakar hingga 7% serta meningkatkan *coefficient drag* ( $C_d$ ) dan *coefficient lift* ( $C_L$ ).()

Pada masa sekarang banyak sekali penelitian-penelitian untuk meningkatkan kemampuan winglet dari berbagai jenis winglet. Perkembangan dalam penelitian menggunakan komputasi untuk mempermudah dalam perhitungan dari suatu winglet. Salah satu metode yang dipakai dalam komputasi adalah metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Banyak jenis software khusus untuk menghitung masalah fluida dengan metode CFD diantaranya *Solidwork*, *Exceed*, *GAMBIT*, *CATIA*, *NASTRAN*, *ProEngineering*, *ANSYS*, dan lain-lain.

Oleh karena itu, upaya peningkatan performa dari pesawat dengan melakukan penelitian mengenai airfoil pada wing pesawat akan terus meningkat guna memperoleh hasil yang optimal.

Penggunaan software dalam menganalisa desain *winglet* bertujuan untuk memperoleh desain dengan hasil optimal dalam kinerjanya. Suatu software mempunyai tingkat keakuratan yang tinggi dalam menganalisa suatu sistem namun validasi data eksperimen masih diperlukan. Dengan latar belakang diatas dalam tugas akhir ini judul studi *winglet* NACA 2409 secara komputasional dengan software *CFD*.

## TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk melakukan optimasi dalam mendapatkan *winglet* dengan sudut serang dan sudut *cant* terbaik menggunakan metode komputasi.
2. Untuk mendiskripsikan koefisien *lift* ( $C_L$ ) dan koefisien *drag* ( $C_D$ ) yang berbeda-beda pada ketinggian penerbangan.
3. Untuk mendiskripsikan perbedaan karakteristik distribusi tekanan dan kecepatan pada *winglet cant* NACA 2409.

## Batasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya masalah, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut yaitu :

1. Fluida yang digunakan pada studi ini adalah gas, yaitu udara, dengan rincian :
  - a) Gas Ideal
  - b) Kecepatan beroperasi pada kondisi *Subsonic*.
  - c) AliranUdaradalamkondisi *Steady Flow*(mantap)
2. Hasil analisa studi akan dilakukan dengan cara komputasi (*Computational Fluid Dynamic* ).
3. Kecepatan udara 30 m/s
4. Model yang akan diuji adalah *Winglet cant* NACA 2409 dengan

sudut serang serta sudut winglet melalui proses optimasi.

5. Parameter variasi ketinggian penerbangan :

- a. Troposphere : 2 Km, 4 Km, 6 Km, 8 Km, 10 Km
- b. Stratosphere : 12 Km, 14 Km, 16 Km, 18 Km, 20 Km
- c. Mesosphere : 24 Km, 26 Km, 28 Km, 30 Km, 32 Km

## TINJAUAN PUSTAKA

Teguh Wibowo ( 2004 ) Mengkaji pengaruh ujung winglet pada sayap dengan variasi sudut *cant* dan sudut *twist* dihubungkan dengan pola alirannya . Ujung sayap ini dapat mengakibatkan kurang efisiensinya fungsi sayap dikarenakan terjadinya *vortex* atau pusaran, yang mengandung sejumlah energy kinetic rotasi dan translasi, energy ini pada dasarnya dapat diatasi dengan menambahkan tenaga yang disediakan oleh mesin untuk mengimbangi induced drag, sehingga meningkatkan pemakaian bahan bakar. Dengan demikian sangat perlu dilakukan penelitian mengenai ujung sayap pada pesawat. Dalam melakukan penelitian digunakan airfoil NACA 2409 dengan 9 benda uji sayap 3-dimensi yaitu satu sayap tanpa winglet dan yang lain 8 ujung sayap dengan winglet, dengan variasi sudut cant 30°, 45°, 60° dan 90°. Hasil optimasi sudut cant kemudian divariasikan dengan sudut *twist* 0°, 5°, 10° dan 15°. Percobaan ini dilakukan di dalam *wind tunnel* dengan mengukur lift dan drag, masing-masing divariasikan dengan sudut serang dan kecepatan aliran udara. Visualisasi aliran dengan asap dilakukan untuk mengetahui pola aliran yang terjadi disekitar ujung. Isi utama dari penelitian ini adalah dihasilkannya unjuk kerja terbaik dalam bentuk perbandingan koefisien lift dan

koefisien drag,  $(CL/CD)_{max}$ . Unjuk kerja terbaik sebesar  $(CL/CD)_{max} = 6.99$  terjadi pada sudut cant 45°, untuk tanpa winglets  $(CL/CD)_{max} = 5.79$ , sedangkan pada sudut cant 30°, 60° dan 90°  $(CL/CD)_{max}$ -nya lebih kecil.

Nofi Febriyanto, ( 2012 ) Dalam penelitiannya dijelaskan perbandingan kinerja antara airfoil simetris NACA-0012 dan airfoil tidak simetris NACA-2410 pada variasi sudut serang -80, -20, 00, 50, 100, 150, 200 terutama hubungan antara  $C_L$  dan  $C_D$  secara komputasi. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa peningkatan sudut akan diikuti dengan meningkatnya koefisien gaya angkat dan gaya hambat. Namun, dapat dilihat bahwa NACA-2410 memiliki koefisien angkat lebih tinggi dari pada koefisien angkat dari NACA 0012. Dari hasil perbandingan grafik  $C_L$  NACA 0012 antara hasil simulasi SolidWorks dengan Ansys, ternyata memiliki kecenderungan yang sama satu sama lain. Yaitu untuk Solidworks  $C_L$  tertinggi pada sudut serang 20° sebesar 0,0039 sedangkan untuk Ansys  $C_L$  tertinggi sebesar 0,000993881.

Ibnu Rosyid Al Hassany (2014), melakukan Penelitian dengan tujuan untuk mengkaji pengaruh ujung winglet NACA 2411 pada sayap dengan variasi sudut cant dengan dihubungkan dengan pola alirannya. dengan dengan menganalisa *vortex drag* dari airfoil pesawat dengan metode CFD pada *software* Ansys. Penelitian tersebut bertujuan untuk menguji pengaruh perubahan *sudut cant* terhadap *coefisient drag* dan *coeficient lift* terbesar. Dan diperoleh hasil bahwa koefisien lift dan *coefisient drag* pada sudut 60° dan 45° mendapatkan coefisient lift sampai 0,667 dan 0,674, dan coefisient drag mencapai 0.153 dan 0,142.

Dari beberapa penelitian diatas, dalam laporan penelitian ini akan diuraikan mengenai analisa aerodinamika pada *winglet* Naca 2409 yang dilengkapi *flap* dan *slat* terhadap koefisien *lift* dan koefisien *drag* pada berbagai sudut serang dengan menggunakan *software* Ansys 14.5 – CFX. Disamping itu juga akan ditampilkan koefisien *lift* dan *drag* pada kondisi tertentu dengan melakukan optimasi pada sudut serang serta sudut *winglet* untuk mencari kondisi paling, karena dalam penelitian sebelumnya belum banyak penjelasan dan keterangan mengenai posisi dari sudut serang dan sudut *winglet* yang optimal. Dalam penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi perbandingan karakteristik *winglet* NACA 2409 dengan perubahan operasi penerbangan. Nilai dari koefisien *lift* dan *drag* akan menjadi parameter posisi paling ideal dari *winglet* NACA 2409.

## LANDASAN TEORI

### Koefisien *Lift*

Koefisien *Lift* adalah gaya resultan yang tegak lurus terhadap arah kecepatan hulu.

$$C_L = \frac{F_{Lift}}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \dots\dots\dots(1)$$

### Koefisien *Drag*

Koefisien *Drag* adalah bilangan yang menunjukkan besar kecilnya tahanan fluida yang diterima oleh suatu benda. Harga koefisien *drag* yang kecil menunjukkan hambatan fluida yang diterima benda saat

berjalan adalah kecil, dan begitu juga sebaliknya.

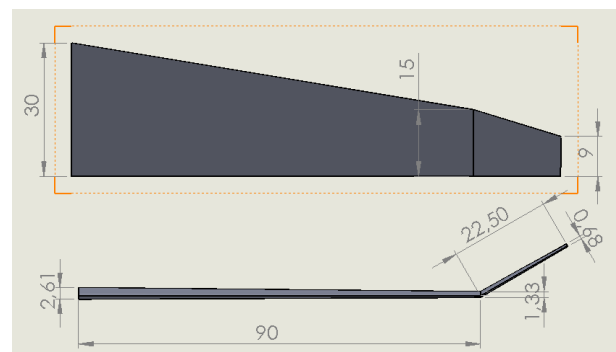
$$C_D = \frac{F_{Drag}}{\frac{1}{2} \rho V^2 A} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : $C_L$	= Koefisien Lift
$C_D$	= Koefisien drag
$F_{Lift}$	= Gaya Angkat
$F_{Drag}$	= Gaya hambat
$V$	= Kecepatan fluida
$D$	= Gaya drag
$A$	= Luas frontal
$P$	= Massa jenis fluida

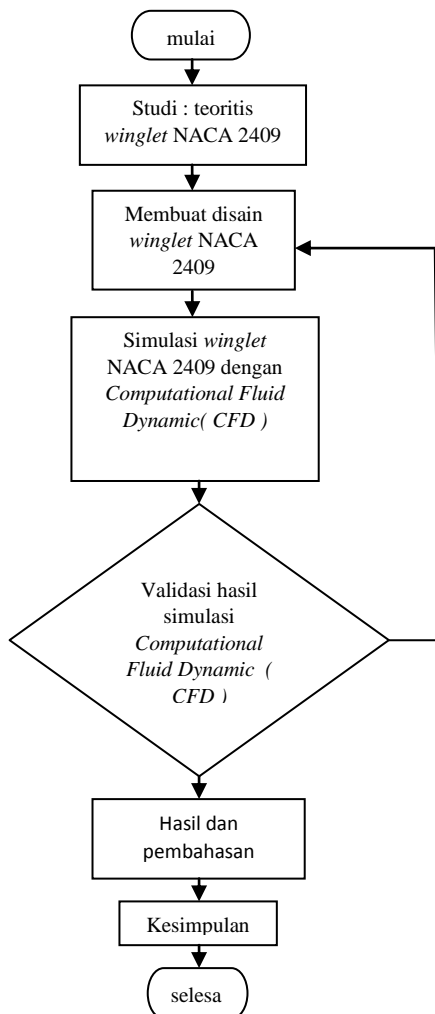
## METODE PENELITIAN

Dimensi geometri *winglet* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Airfoil	= NACA 2409
Root Chord Sayap	= 30 mm
Tip Chord Sayap	= 15 mm
Root chord <i>winglet</i>	= 15 mm
Panjang bentangan	= 180 mm
Tipe chord <i>winglet</i>	= 9 mm



Gambar 1 Disain *winglet* NACA 2409



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN Studi Optimasi Sudut *cant* dan

### Sudut Serang

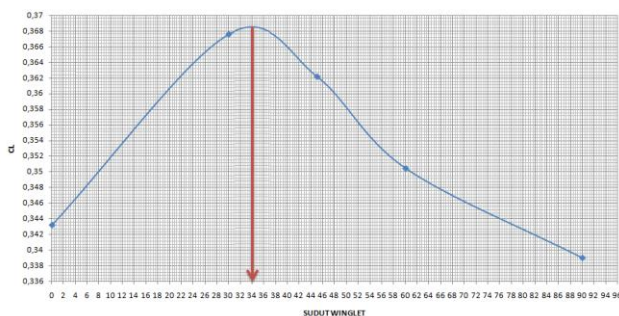


Diagram 1 Optiarnsi sudut *cant* NACA 2904

Menyatakan bahwa sudut serang yang optimal pada sudut *cant*  $34^{\circ}$  yang mempunyai *coefisient lift* (  $C_L$  )

) sebesar 0,369, karena bisa dikatakan itu paling optimal.

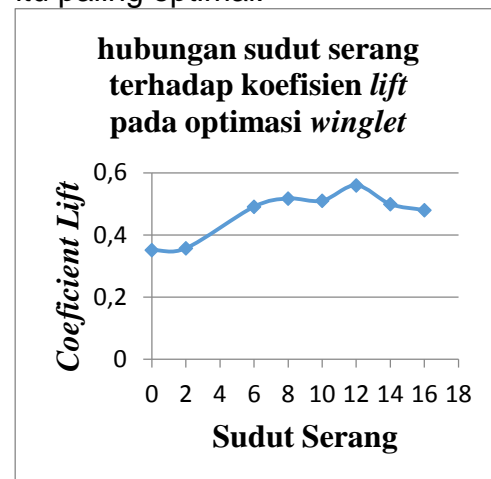


Diagram 2 hubungan antara sudut serang pada simulasi *winglet cant*  $34^{\circ}$

Menyatakan bahwa sudut serang yang optimasi adalah pada sudut  $12^{\circ}$  yang mempunyai koefisien *lift* sebesar 0,559081223

## hubungan antara ketinggian penerbangan terhadap koefisien *Lift* ( $C_L$ ) dan koefisien *Drag* ( $C_D$ )

tabel 1 hasil simulasi

	$h$ (km)	$P$ (N)	$P$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$C_L$	$C_D$
TROPOSPHERE	2	79500	1,004	0,550	0,019
	4	61660	0,819	0,550	0,020
	6	47220	0,660	0,550	0,021
	8	35650	0,526	0,547	0,022
	10	26500	0,413	0,544	0,023
STRATOSPHERE	12	19400	0,312	0,543	0,023
	14	14170	0,228	0,542	0,024
	16	10350	0,166	0,740	0,035
	18	7565	0,122	0,739	0,037
	20	5529	0,089	0,922	0,053
MESOSPHERE	24	2972	0,047	0,533	0,031
	26	2188	0,034	0,529	0,033
	28	1616	0,025	0,528	0,035
	30	1197	0,018	0,530	0,037
	32	889	0,014	0,527	0,039



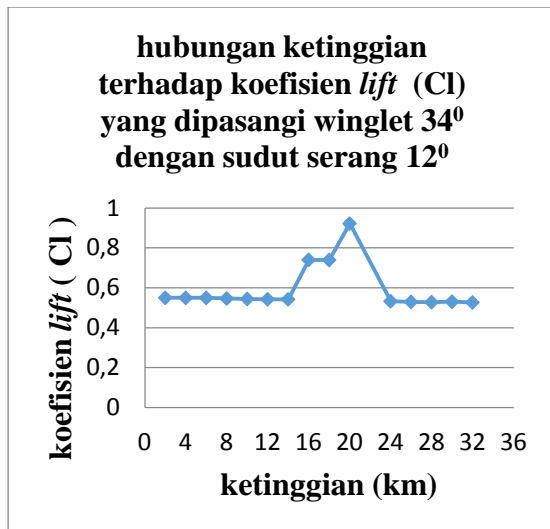


Diagram 1 hubungan antara ketinggian penerbangan terhadap koefisien Lift ( $C_L$ )

Dari diagram 1 hubungan antara ketinggian penerbangan dengan koefisien lift ( $C_L$ ) yang telah dilakukan mendapatkan, bahwa koefisien lift paling tinggi pada ketinggian 20 km sebesar 0,922 dan mendapatkan koefisien lift terendah pada ketinggian 32 km yang mendapatkan hasil sebesar 0,527.

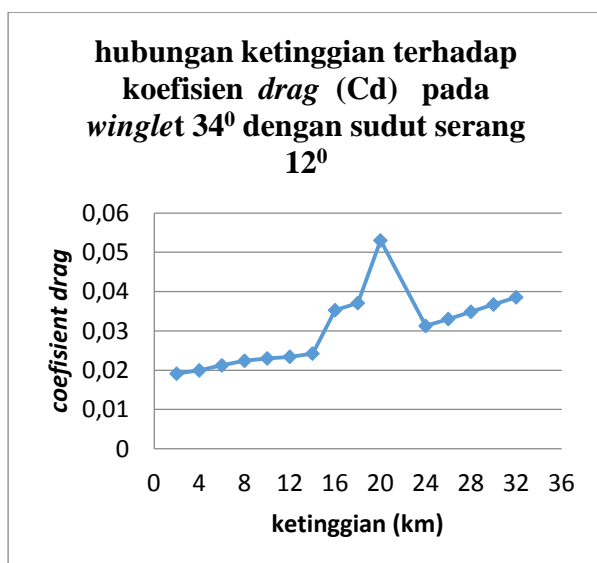
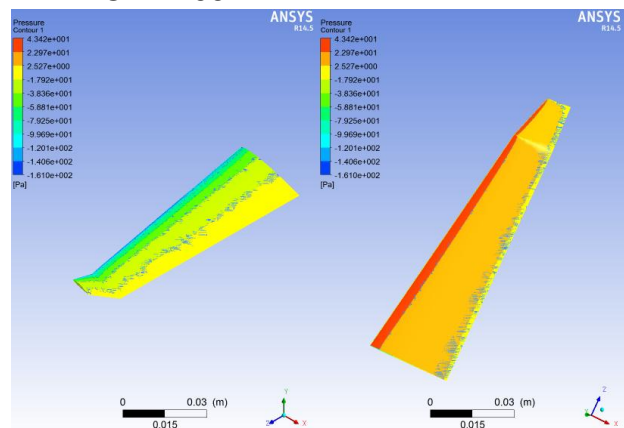


Diagram 2 hubungan antara ketinggian penerbangan terhadap koefisien Drag ( $C_D$ )

Dari diagram 4.6 hubungan antara ketinggian penerbangan dengan koefisien drag ( $C_D$ ) yang telah dilakukan mendapatkan, bahwa koefisien drag paling tinggi pada ketinggian 20 km sebesar 0,053 dan mendapatkan koefisien drag terendah pada ketinggian 2 km yang mendapatkan hasil sebesar 0,019.

**Visualisasi pressure pada winglet NACA 2409**



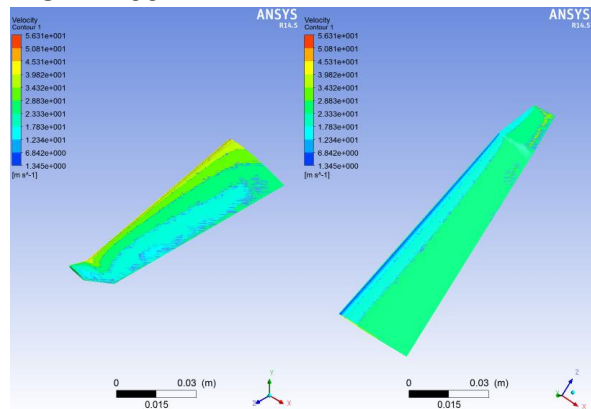
Pressure atas Pressure bawah  
Gambar 2 Visualisasi pressure pada winglet NACA 2409

Dari gambar 2 bahwa terlihat perbedaan antara bagian atas winglet dengan bagian bawah. Bagian atas winglet mendapatkan tekanan tertinggi pada *triling edge* sebesar 61,28 Pa sedangkan tekanan terendah terjadi pada *leading edge* sebesar -666,7 Pa. Bagian bawah winglet mendapat tekanan tertinggi pada *Leading edge* dan *location of maximum cember* sebesar 142,2 Pa, tekanan terendah terjadi pada batas *maximum cember* hingga *triling edge* sebesar 61,28 Pa



## Visualisasi Velocity Pada Winglet

### NACA 2409



Gambar 3 Visualisasi velocity pada winglet NACA 2409

Dari gambar 3 bahwa terlihat perbedaan antara bagian atas winglet dengan bagian bawah. Bagian atas winglet terjadi Velocity tertinggi pada *leading edge* sebesar 56,31 m/s sedangkan Velocity terendah terjadi pada sebagian dari *maximum thickness* hingga *trailing edge* yang ditandai warna biru muda sebesar 17,83 m/s. Bagian bawah winglet mendapat Velocity terendah terjadi pada bagian yang mendekati *trailing edge* pada ujung winglet sebesar 34,32 m/s, Velocity tertinggi pada *Leading edge* sebesar 1,345 m/s.

### KESIMPULAN

- Dari optimasi winglet NACA 2409 mendapatkan sudut serang optimal pada  $12^\circ$  sedangkan sudut winglet pada  $34^\circ$ .
- Mendapatkan hasil bahwa yang mempengaruhi koefisien *lift* ( $C_L$ ) dan Koefisien *Drag* ( $C_D$ ) antara lain Densitas, Pressure, suhu. Simulasi mendapatkan hasil yang tertinggi pada ketinggian 20 km dengan pressure 5529 Pa, densitas  $0,0889 \text{ kg.m}^{-3}$ , suhu

216,6 K mendapatkan koefisien *lift* ( $C_L$ ) sebesar 0,921626346 serta koefisien *Drag* ( $C_D$ ) sebesar 0,053. Hasil terendah pada ketinggian 32 km dengan pressure 889 Pa, densitas  $0,0889 \text{ kg.m}^{-3}$ , suhu 228,5 K koefisien *lift* ( $C_L$ ) sebesar 0,527 serta koefisien *Drag* ( $C_D$ ) sebesar 0,039.

- Dapat diketahui bahwa distribusi tekanan dan kecepatan sangatlah berbeda. Dikarenakan kontribusi bagian bawah dan bagian atas winglet antara velocity terhadap

Velocity atas

Velocity bawah

pressure berbanding terbalik. Pressure udara pada bagian atas winglet cenderung rendah sedangkan velocity pada bagian yang sama mendapatkan hasil yang tinggi. Pada bagian bawah winglet mendapatkan hasil kebalikan dari bagian atas winglet, bahwa pressure udara mendapatkan hasil yang tinggi dan velocity udara tinggi. Fenomena tersebut sudah sesuai dengan teori Bernoulli.

### Saran

- Diharapkan untuk penelitian selanjutnya lebih bervariasi dalam hal parameter-parameter aerodinamika yang akan dikaji, dan lebih bervariasi juga dalam penentuan variable bebas dari penelitian.
- Diharapkan untuk orang-orang yang berkecimpung di dunia aeromodelling agar lebih memperhatikan kajian-kajian seperti penelitian ini, agar kedepannya dalam hal penerapan model airfoil dapat teraplikasikan di dunia industry lebih efisien dan ekonomis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Hassany, Ibnu Rosyid. 2014. ***Performace analyis wing vortex drag reducers using computational fluid dynamic ( CFD )***. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anderson, John D, Jr. 2007. ***Fundamental of Aerodyanims***, Fourth Edition. Mc Graw Hill. Higher Education. NewYork.
- ANSYS 14.5, ***CFX Pre User's Guide***, (2012)
- Febriyanto, Novi. 2014. ***Studi perbandingan karakteristik airfoil naca 0012 dengan naca 2410 terhadap koefisien lift dan koefisien drag pada berbagai variasi sudut serang dengan CFD***. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Srikavya, Pavani B., Srinivasa Rao. (2014). ***Aerodynamic Cfd Analysis On High-LiftMulti-Element Wing Of Airbus A380***. Iditya Institute of Technology and Management. Tekkali
- Schlichting, Hermann. 1979. ***Boundary-Layer Theory***, Mc Graw Hill. Hinger Education. New york.
- Yahaya, Nurulain dan Jamaluddin Md Sheriff ( 2012 ). ***Flow Behaviour Around Winglets***. Univesity Teknologi Malaysia.
- Wibowo, Teguh ( 2004 ).***Pengaruh perubahan sudut Winglet terhadapunjuk kerja sayap pesawat***. Sekolah Tinggi Teknologi AdisutjiptoYogyakarta.